

Wissenswertes über Beton



Grundlagen der Betontechnologie

BASF Performance Products GmbH

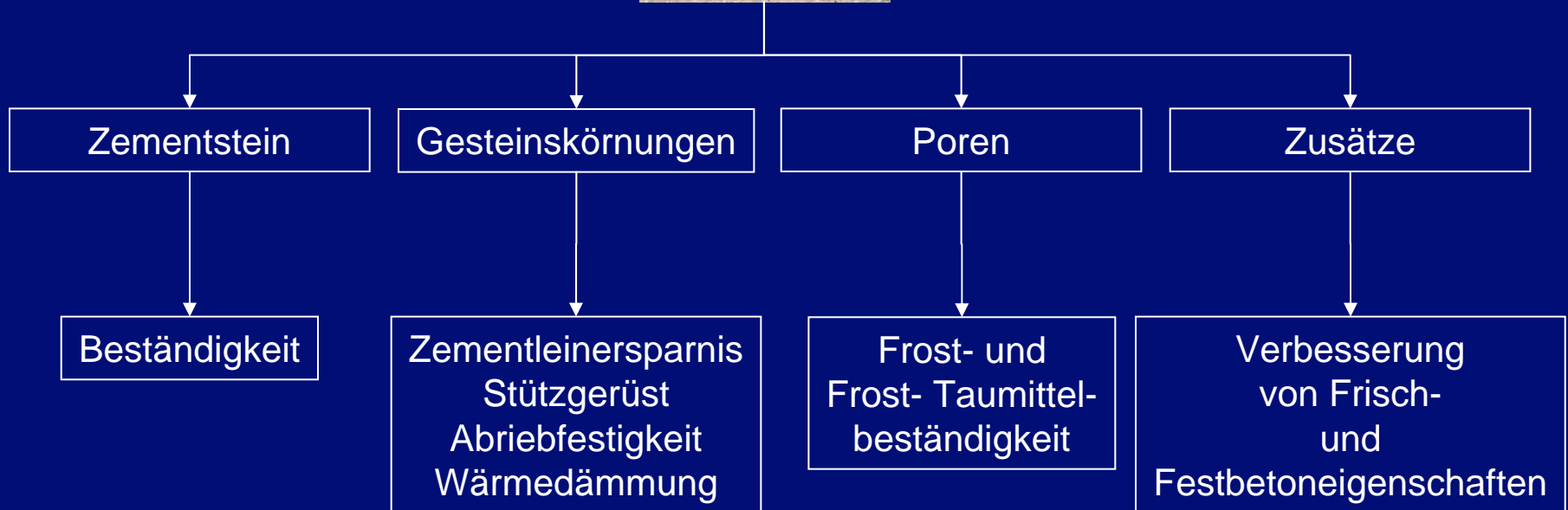
Geschäftsbereich Betonzusatzmittel

April 2010

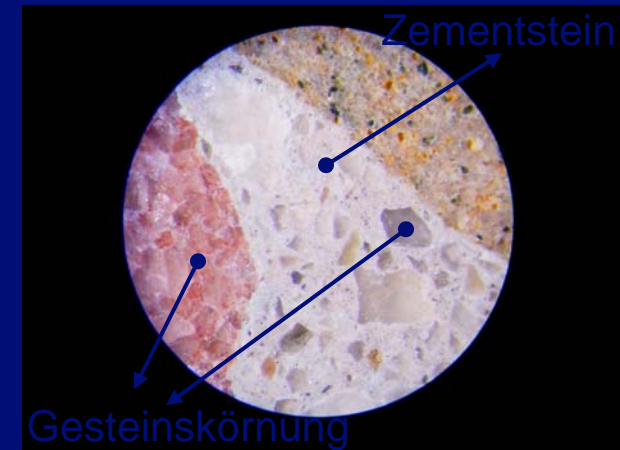
 **BASF**

The Chemical Company

Bestandteile des Betons und Ihre Aufgaben



- Der Zementstein entsteht durch die Erhärtung von Bindemittel (= Zement dem ein hydraulischer Zusatzstoff beigegeben werden kann) und Wasser
- Dieser Bindemittelleim verklebt die Gesteinskörnungen im Beton, so dass dieser fest wird
- Nur aus gutem Zementstein entsteht guter und dauerhafter Beton
- Der Bindemittelleim (vergleiche Tapetenkleister) ist um so besser, je weniger Wasser zugegeben wird
 - **W/B-Wert-Gesetz**



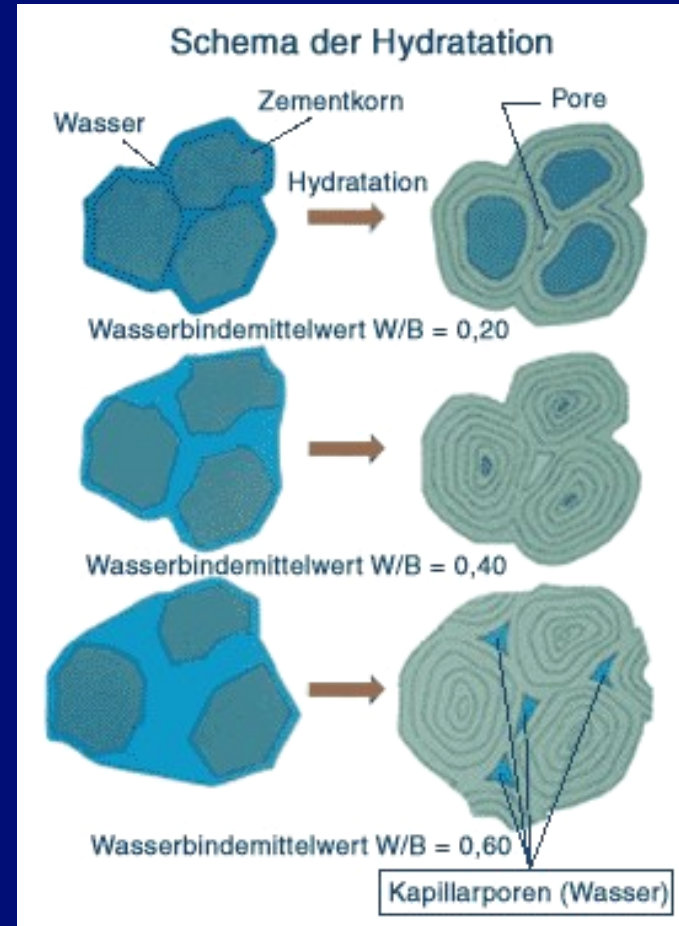
- Der W/B-Wert gibt an, wie viel kg Wasser auf 1 kg anrechenbares Bindemittel entfallen
- Für die Berechnung ist das an der Gesteinskörnung haftende Wasser (Oberflächenwassergehalt der Gesteinskörnungen) und das beim Mischen beigegebene Wasser (Zugabewasser, flüssiger Anteil von Zusatzmitteln) zu berücksichtigen

$$W/B = \frac{\text{Wasser (aus Gesteinskörnung + Zugabewasser) [kg]}}{\text{Anrechenbares Bindemittel [kg]}}$$



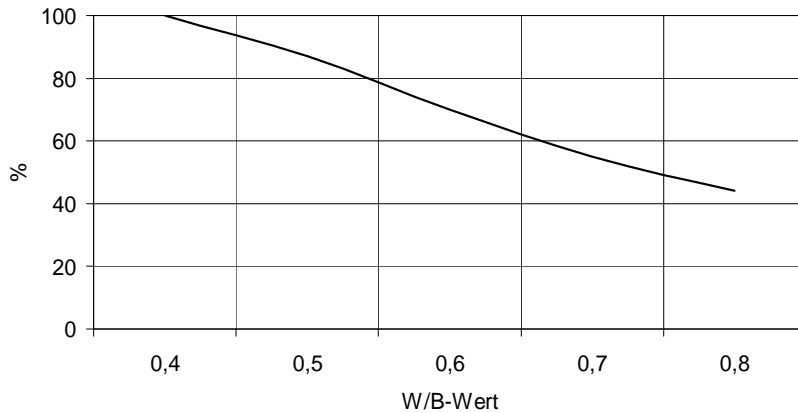
Warum ist der W/B-Wert für die Betongüte entscheidend?

- Damit das Bindemittel (Zement) vollständig erhärten (hydratisieren) kann, ist für 1 kg Bindemittel 0,4 kg Wasser erforderlich
- Am Ende der Erhärtung hat das ganze Wasser mit den Bindemittelkörnern reagiert, im erhärteten Zementstein bleiben daher keine wassergefüllten Poren über
- Wird der Beton mit höheren W/B-Wert hergestellt, bleibt Wasser fein verteilt im Zementstein über. Der Zementstein wird daher poröser
 - Es ist verständlich, dass ein Beton mit porösem Zementstein weniger beständig ist und eine geringere Festigkeit aufweist als ein Beton mit dichtem Zementstein

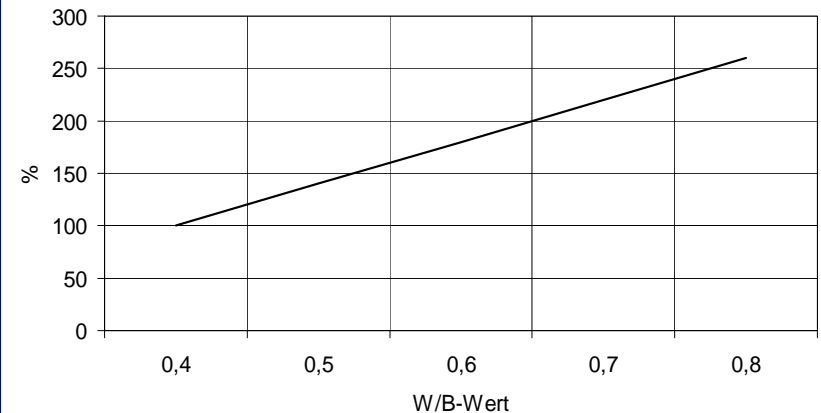


Einfluss des W/B-Wertes auf div. Betoneigenschaften

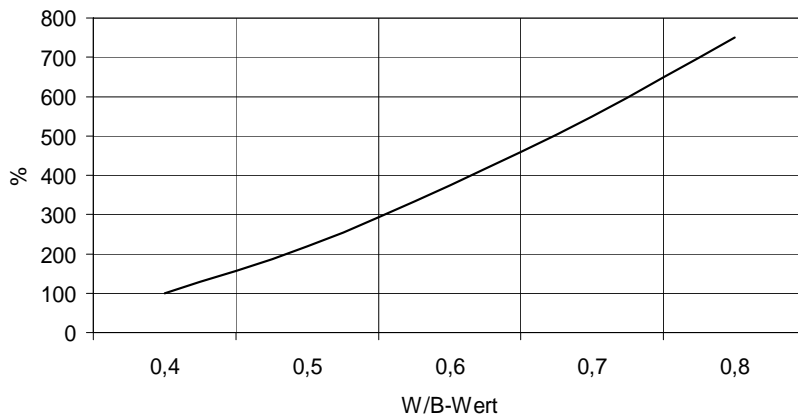
Relation: Druckfestigkeit - W/B-Wert



Relation: Endschwindmass - W/B-Wert



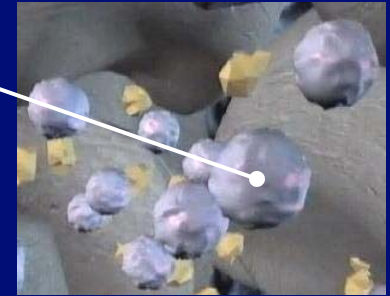
Relation: Wasseraufnahme - W/B-Wert



Zeitliche Entwicklung der Betongüte

- Der Bindemittelleim erhärtet nicht durch Austrocknen, sondern weil das Wasser mit den Bindemittelkörnern reagiert. Dabei wird das Wasser im Zementstein eingebunden (Hydratation)
- Eingebundenes Wasser kann unter Normalbedingungen im Gegensatz zum Kapillarwasser nicht durch Austrocknen entweichen
- Anfänglich ist die Hydratation sehr rasch, weil diese an der Oberfläche der Bindemittelkörner abläuft
- Sie wird mit zunehmender Erhärtungszeit langsamer, weil das Wasser dann erst durch den immer dichter werdenden Zementstein zum nichthydratisierten Inneren des Bindemittelkornes vordringen muss

Zementkorn



hydratisierte Zementkörner

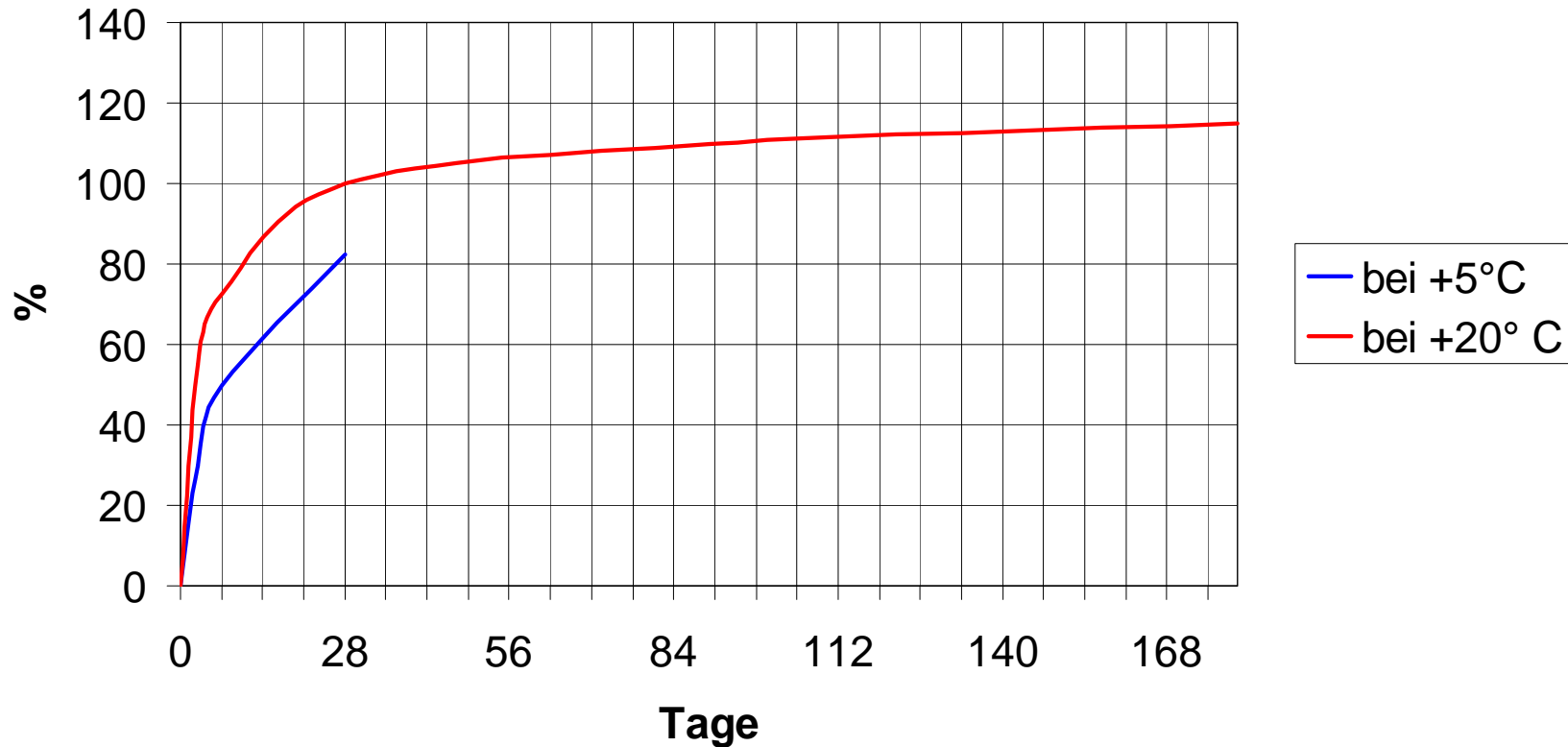
Zeitliche Entwicklung der Betongüte

- Unmittelbar nach dem Mischen besteht der Bindemittelleim somit aus Bindemittel und nur aus verdampfbarem (austrockenbarem) Wasser
- Mit zunehmender Zeit wird durch die Hydratation Wasser gebunden, so dass der Anteil an austrockenbarem Wasser immer kleiner und jener an gebundenem Wasser immer größer wird
- Dies bedeutet, dass zu einem relativ frühen Zeitpunkt ein Beton mit einem W/B-Wert von 0,40 die selben Eigenschaften hat wie ein Beton mit einem W/B-Wert von 0,60 nach Abschluss der Hydratation

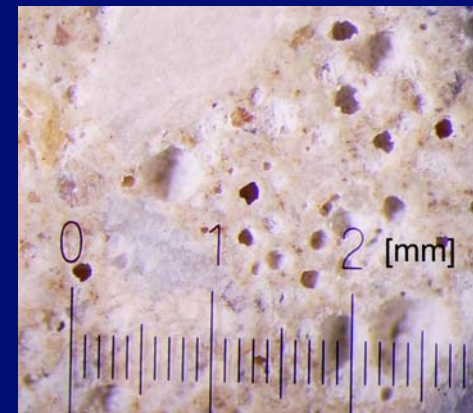
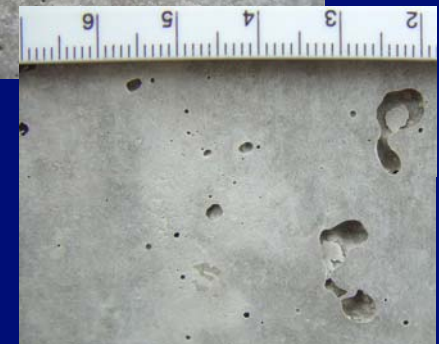


Zeitliche Entwicklung der Betongüte

Festigkeitsentwicklung von Beton Zementfestigkeitsklasse 42,5



- Beim Verdichten lassen sich nicht alle Poren austreiben
 - Verdichtungsporen
 - Auch ein praktisch vollständig verdichteter Beton enthält 0,5 bis 2 % Verdichtungsporen
- Da Poren die Festigkeit und grobe Poren auch die Beständigkeit (Dauerhaftigkeit) verschlechtern, ist der Beton so gut wie möglich zu verdichten
- Künstliche, kugelige Luftporen entstehen durch die Zugabe von luftporenbildenden Zusatzmitteln und weisen einen Durchmesser von 0,01 bis 1 mm auf
 - Sie verbessern die Frostbeständigkeit, Frost-Taumittel-Beständigkeit aber auch den Zusammenhalt und die Verarbeitbarkeit des Frischbetons







Gesteinskörnungen

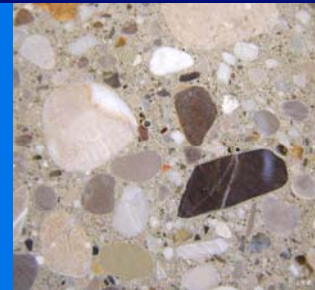
- Natürlich abgerundete Gesteinskörner...
 - Kies, Rundkorn
- oder gebrochenes Gestein...
 - Splitt, Kantkorn
...für **Normalbeton**
- Künstlich hergestellte Körner...
 - Blähton, Styropor
...für **Leichtbeton**
- Natürliche, meist aber künstlich hergestellte, sehr schwere Körner...
 - z.B. Eisenschrott
...für **Schwerbeton**



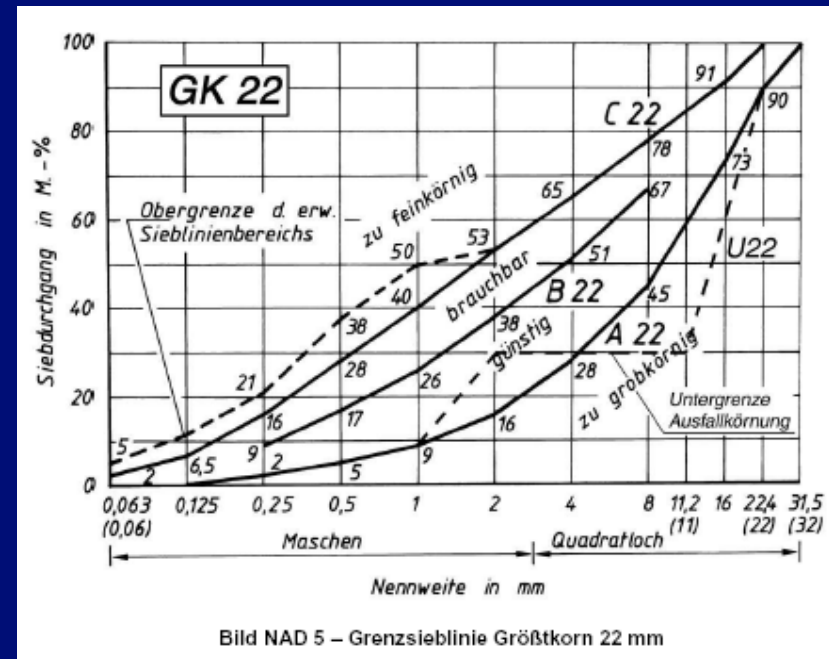
Kornform

	natürlich		gebrochen	
Kornform	kugelig	nicht kugelig (stengelig/plattig)	kubisch	nicht kubisch (stengelig/plattig)
				
Kantigkeit	rund		kantig	
Oberflächenrauigkeit	glatt		rau	
Wasserbedarf	————— zunehmend —————>			
Verarbeitbarkeit	————— abnehmend —————>			
Verdichtbarkeit	————— abnehmend —————>			
Druckfestigkeit	————— unverändert —————>			
Biegezugfestigkeit	————— zunehmend —————>			
Grünstandfestigkeit	————— zunehmend —————>			

Aufgaben der Gesteinskörnungen



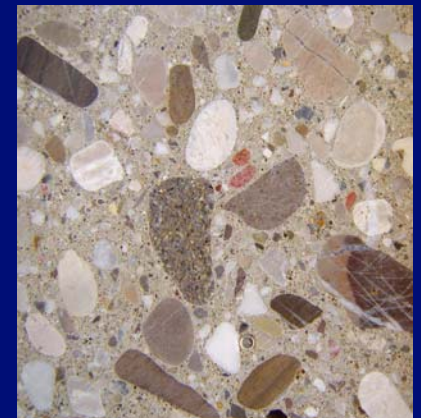
- Hauptaufgabe der Gesteinskörnungen ist Bindemittelleim zu sparen, weil die Gesteinskörner mit Bindemittelleim vollständig umhüllt und alle Hohlräume zwischen den Gesteinskörnern vollständig von Bindemittelleim ausgefüllt werden müssen
- Es ist notwendig, die Gesteinskörner nach Größe und Menge der einzelnen Korngruppen richtig zusammensetzen, damit möglichst wenig Bindemittelleim erforderlich ist



– Sieblinie

Aufgaben der Gesteinskörnungen

- Da das Gesteinskorn eine größere Festigkeit als der Zementstein hat, wirkt es im Beton als Stützgerüst
- Günstige, eher grobkörnige Sieblinien und kubische, leicht rauhe Gesteinskörnungen ergeben daher höhere Betonfestigkeiten als sehr sandreiche Sieblinien und Gesteinskörnung mit sehr glatten bzw. plattigen Korn
- Besondere Betoneigenschaften die von Gesteinskörnungen bestimmt werden
 - Abriebfestigkeit
 - z.B. Diabas, Basalt, Elektrokorund, Soliziumkarbid
 - Wärmedämmung
 - Geringe Rohdichte – Leichtgesteinskörnung
 - Strahlenschutz
 - Hohe Rohdichte - Schwergesteinskörnung



- **Betonzusatzmittel und Betonzusatzstoffe können die Eigenschaften des Frischbetons und des erhärteten Betons verbessern**
 - **Im Frischbeton**
 - Verarbeitbarkeit
 - Verarbeitungsdauer
 - **Festbeton**
 - Beständigkeit
 - Festigkeit

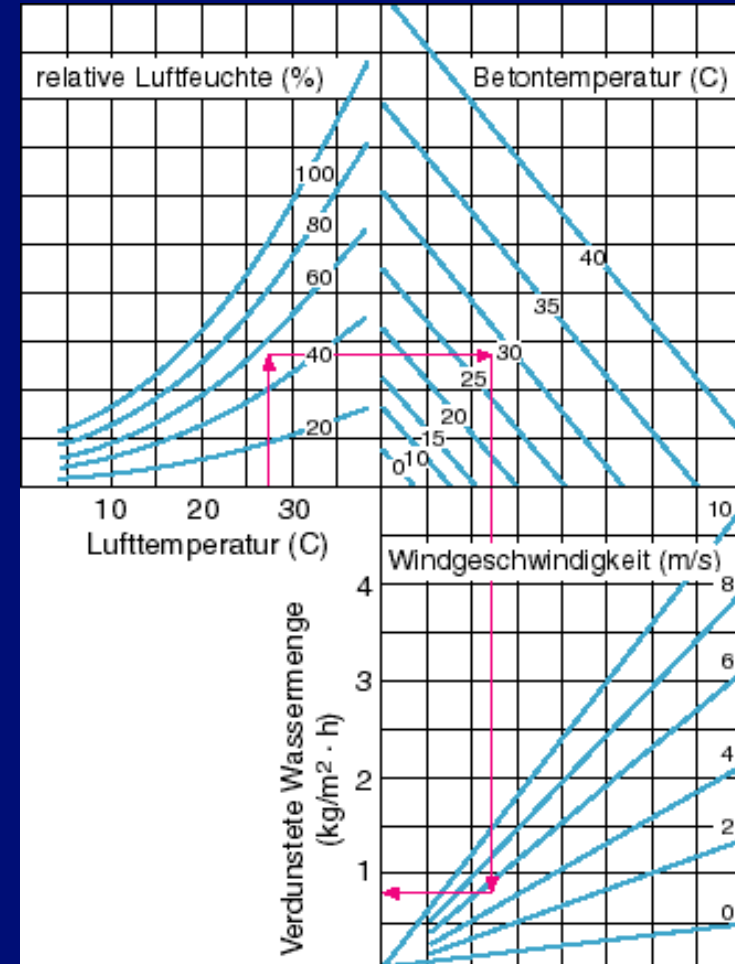


- Zu beachten ist, dass
 - Eine Verbesserung nur dann sinnvoll möglich ist, wenn der Bindemittelleim gut und die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung richtig gewählt ist
 - Zusatzmittel und Zusatzstoffe besonders für eine Optimierung der Betoneigenschaften gut geeignet sind, wobei darauf zu achten ist, dass nicht nur eine Eigenschaft besonders gut wird, sondern auch alle anderen Eigenschaften nicht unzulässig stark verschlechtert werden
 - z.B. luftporenbildende Zusatzmittel erhöhen die Frostbeständigkeit, verringern aber die Druckfestigkeit



Einfluss der Nachbehandlung

- Unter Nachbehandlung versteht man alle Maßnahmen, die ein vorzeitiges Austrocknen des Betons verhindern
- Trocknet der Beton zu früh aus, ist kein Kapillarwasser mehr für die Hydratation vorhanden
- Die Hydratation hört auf und der Zementstein bleibt porös, so dass er eine viel geringere Güte hat als auf Grund des W/B-Wertes möglich wäre
- Ein nicht nachbehandelter Beton mit niedrigem W/B-Wert ist besonders nahe der Oberfläche weniger beständig als ein gut nachbehandelter Beton mit bedeutend höherem W/B-Wert



- ÖNORM B 4710-1, Abschnitt 14.4
 - ...der Beton ist bis zum genügenden Erhärten gegen schädigende Einflüsse aller Art zu schützen...
 - Hierzu ist Beton im allgemeinen mindestens 3 Tage gegen Austrocknen zu schützen, bei hohen Anforderungen an die Betongüte jedoch mindestens 7 Tage
 - Feuchthalten
 - Folienabdeckung
 - Nachbehandlungsmittel
 - In Schalung belassen



Druckfestigkeitsklassen

ON B 4200- 10	B 15*	B 20	B 25	B 30	-	B 40	-	B 50	-	B 60
ON B 4710-1	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	-	C 35/45	C 40/50	C 45/50	C 50/60

* nicht für Stahlbetonbauteile

Für die Klassifizierung darf die charakteristische Festigkeit von Zylindern mit 150 mm Durchmesser und 300 mm Länge nach 28 Tagen ($f_{ck,cyl}$) oder die charakteristische Festigkeit von Würfeln mit 150 mm Kantenlänge nach 28 Tagen ($f_{ck,cube}$) verwendet werden.

Soll für die Klassifizierung ein anderes Betonalter verwendet werden, ist das anzugeben, z.B. C25/30 nach 56 Tagen: C25/30 (56).

Wenn nicht vor Bauausführung anders vereinbart, ist in Österreich die Druckfestigkeit an Würfeln mit einer Kantenlänge von 15 cm nach einer Lagerung gemäß ÖNORM B 3303 zu bestimmen.

Betonkurzbezeichnung und damit abgedeckte Umweltklassen

Kurzbezeichnung	Abgedeckte Umweltklassen	W/B-Wert	LP-Gehalt [%]
B1	XC3 (A)	0,60	-
B2	XC3/XD2/XF1/XA1L/SB (A)	0,55	-
B3	XC3/XD2/XF3/XA1L/SB (A)	0,55	2,5 - 5,0
B4	XC4/XD2/XF1/XA1L/SB (A)	0,50	-
B5	XC4/XD2/XF2/XA1L/SB (A)	0,50	2,5 - 5,0
B6/C3A-frei	XC4/XD2/XF3/XA2L/XA2T/SB (A)	0,45	2,5 - 5,0
B7	XC4/XD3/XF4/XA1L/SB (A)	0,45	4,0 - 8,0
B8	XC3/UB1(A)	0,60	-
B9	XC3/UB2 (A)	0,60	-
B10	XC3/XD2/XF1/XA1L/UB1(A)	0,55	-
B10/C3A-frei	XC3/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB1/C3A-frei (A)	0,55	-
B11	XC3/XD2/XF1/XA1L/UB2 (A)	0,55	-
B11/C3A-frei	XC3/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB2/C3A-frei (A)	0,55	-
B12	XC4/XD2/XF1/XA1L/UB1(A)	0,50	-
B12/C3A-frei	XC4/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB1/C3A-frei	0,50	-
HL-SW	XC4/XD3/XF3/XA3L/XA3T	0,34	-
HL-B	XC4/XD3/XF4 (A)	0,34	4,0 - 8,0

Umweltbelastungen gemäß ÖNORM B 4710-1 und zugehörige Werte gemäß ÖNORM B 4200-10

X0(A)	u
XC1(A)	s
XC2(A)	W/Z-Wert $\leq 0,65$
B1	W/Z-Wert $\leq 0,60$
B2	WU/FB/SA/LS
B3	WU/FB/SA/LS/LPV / (Luftgehalt 2,5 - 5,0%)
B4	WU/FB/SA/LS/W/Z-Wert $\leq 0,50$
B5	WU/FB/SA/LS/LPV / (Luftgehalt 2,5 - 5,0%) / W/Z-Wert $\leq 0,50$
B6	WU/FB/SA/LST(CO ₂ -gehalt $\leq 15\%$ bei Zuschlag $< 4\text{mm}$) / LPV (Luftgehalt 2,5 - 5,0%)
B6/C ₃ Afrei	WU/FB/SA/TST/LST(CO ₂ -gehalt $\leq 15\%$ bei Zuschlag $< 4\text{mm}$) / LPV (Luftgehalt 2,5-5,0%) / HS-C ₃ A-frei
B7	WU/FTB/SA/ W/Z-Wert $\leq 0,45$
B8	UB / Zementgehalt $\geq 350 \text{ kg/m}^3$
B9	UB / Zementgehalt $\geq 375 \text{ kg/m}^3$
B10	UB/WU/FB / Zementgehalt $\geq 350 \text{ kg/m}^3$
B11	UB/WU/FB / Zementgehalt $\geq 375 \text{ kg/m}^3$
B12	UB/WU/FB/LS/ W/Z-Wert $\leq 0,50$ / Zementgehalt $\geq 350 \text{ kg/m}^3$

Verdichtungsmaßklassen

Klasse	Verdichtungsmaß	Beschreibung
C0	$\geq 1,46$	sehr steif
C1	1,45 bis 1,26	steif
C2	1,25 bis 1,11	steif plastisch
C3 ¹⁾	1,10 bis 1,04	--
C4 ²⁾	$\leq 1,04$	--

¹⁾ in Österreich nicht relevant ²⁾ gilt nur für Leichtbeton

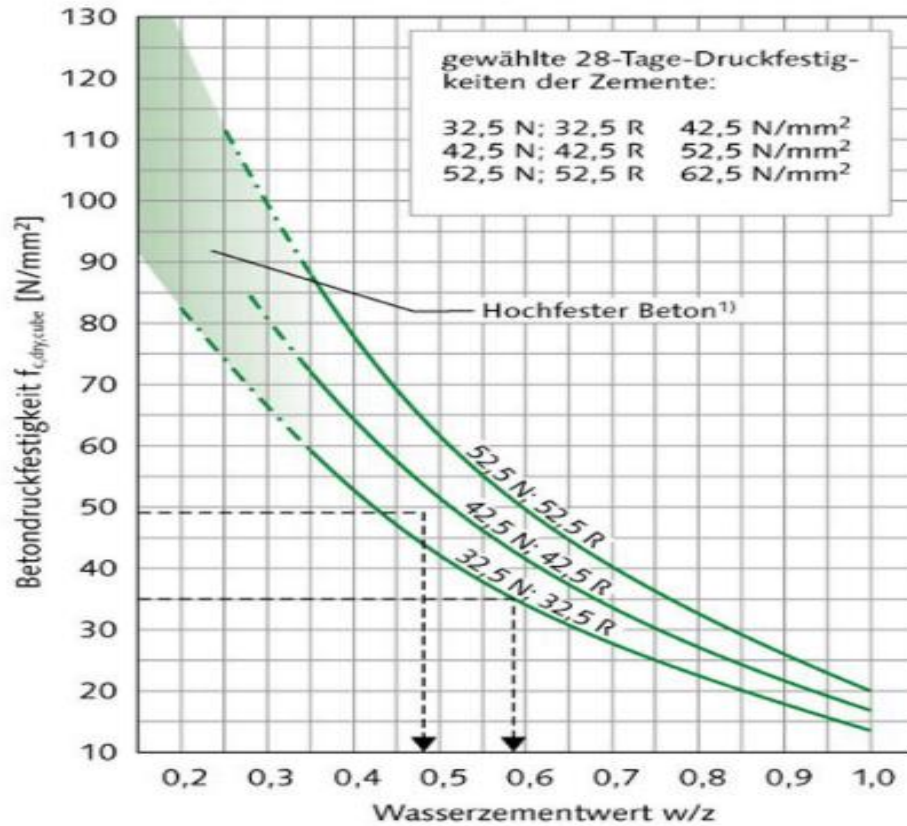
Ausbreitmaßklassen

Klasse	Klassenbezeichnung in Österreich	Ausbreitmaß in mm (Durchmesser)	Beschreibung	ON B 4200-10 Konsistenzbereich
F1 ¹⁾	--	≤ 340	--	--
F2	F38	350 bis 410	plastisch	K3
F3	F45	420 bis 480	weich	K4
F4	F52	490 bis 550	sehr weich	K5
F5	F59	560 bis 620	fließfähig	--
F6 ¹⁾	-- F66 F73	≥ 630 630 bis 690 700 bis 760	-- sehr fließfähig extrem fließfähig	--

¹⁾ in Österreich nicht relevant

Walz-Diagramm

Walz-Diagramm



¹⁾ Bei hochfestem Beton verliert der Einfluss der Zementnormdruckfestigkeit an Bedeutung.

Zusammenhang zwischen WBM-Wert und erzielbarer Betondruckfestigkeit

BASF Performance Products GmbH

Geschäftsbereich Betonzusatzmittel



Grenzen sind unserer Herausforderung

**A-8670 Krieglach
Roseggerstraße 101**

**Tel +43 3855 23 71 0
Fax +43 3855 23 71 23**

**Beton & Zusatzmittel – wirklich informativ:
www.basf-cc.at**

Adding Value to Concrete